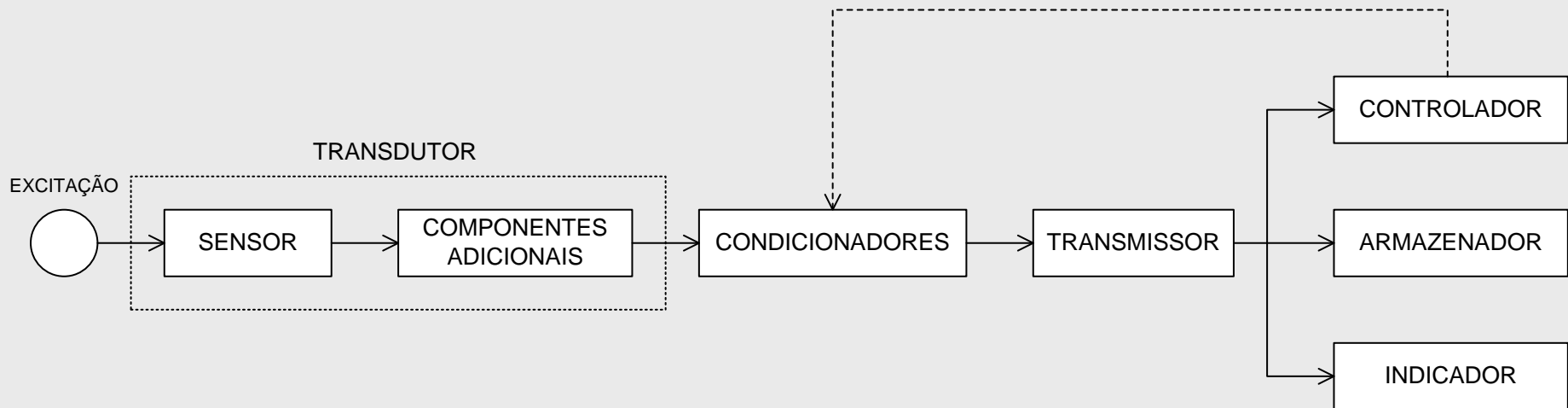


ENG1027: Instrumentação Eletrônica



3.4a) Transmissão do Sinal



3.4a Transmissão do Sinal

- ⌘ Em alguns casos, o sinal de saída é utilizado em um **local distante** do sensor/transdutor
- ⌘ É necessário algum **mecanismo de transmissão**.
 - Meio físico + processo de transmissão

3.4a) Transmissão do Sinal



⌘ Meio Físico:

- **Tradicional**: cabo de uma ou múltiplas vias, blindado ou não.
- Atualmente:
 - **fibras ópticas** – pequenas perdas e baixo nível de ruído (principalmente eletromagnético)
 - **conexões sem fio** – transmissão eletromagnética

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Processo de transmissão:

➤ Analógico:

- ☒ tensão
- ☒ corrente
- ☒ modulação AM, FM

➤ Digital

- ☒ Serial
- ☒ Paralelo

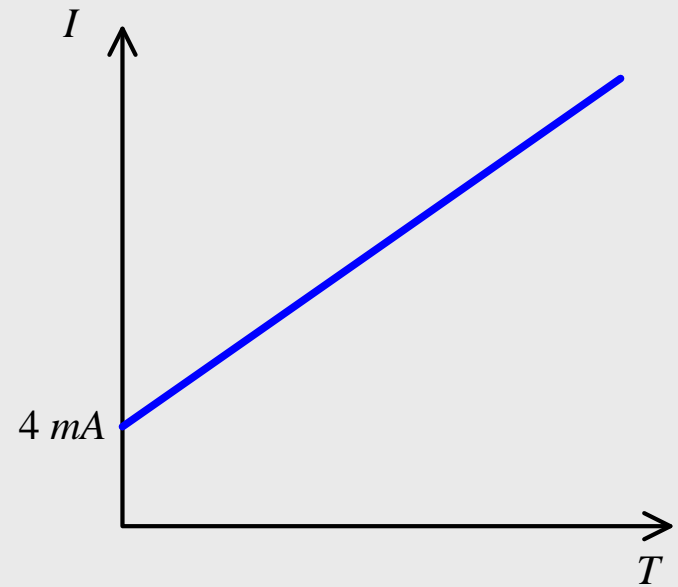
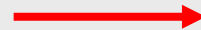
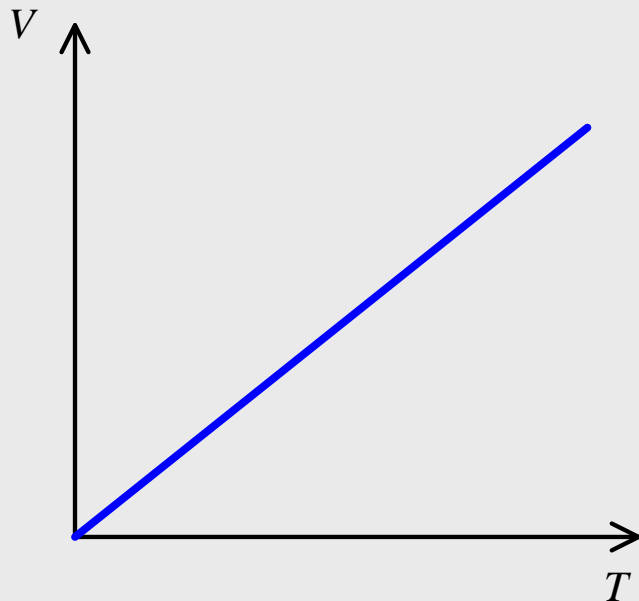
3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Analógica:

		distância	freqüência
➤ tensão	0 a 5 V	até 30 m	até
1 MHz			
	0 a 10 V		
	-5 a 5 V		
	-10 a 10 V		
➤ corrente	Alimentação do transdutor	até 300 m	até
10 kHz	4 a 20 mA		

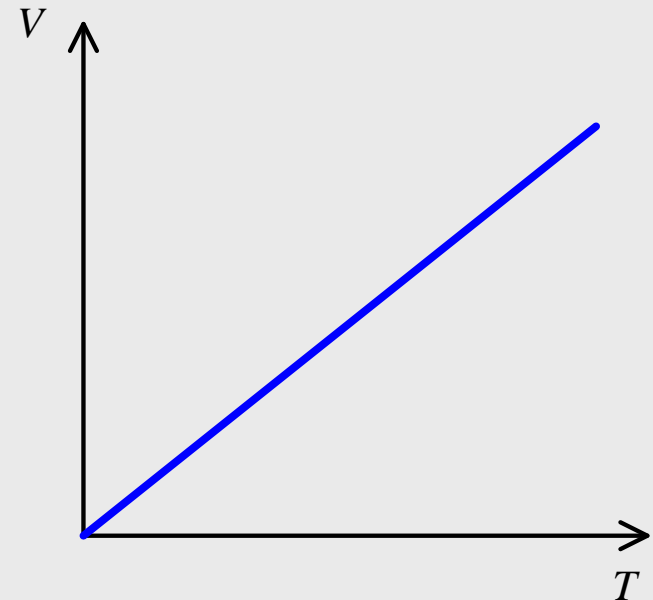
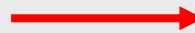
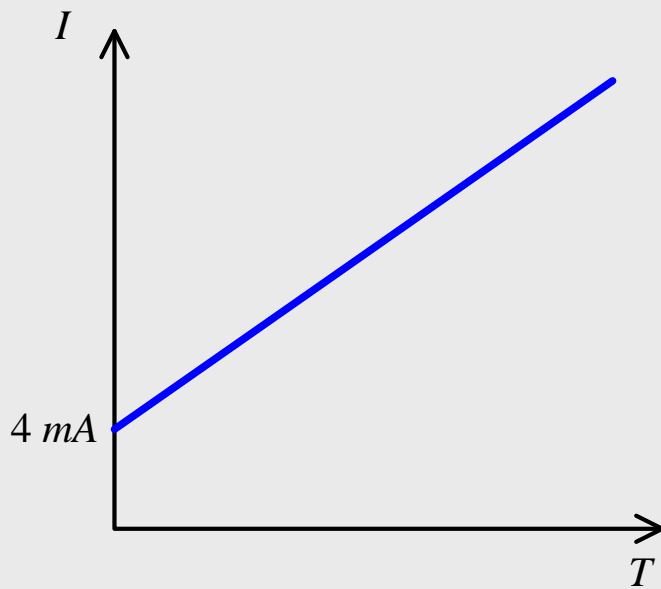
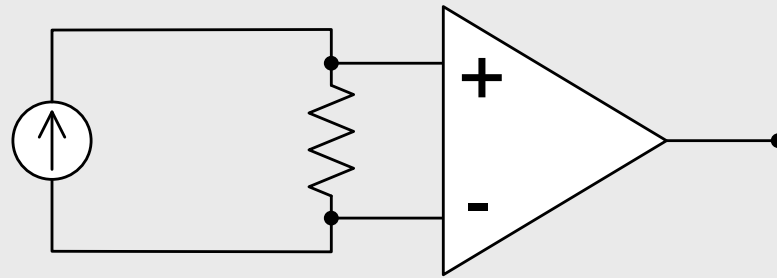
3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Analógica em Corrente:



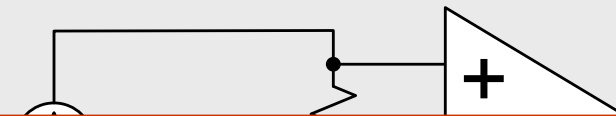
3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Analógica em Corrente:



3.4a) Transmissão do Sinal

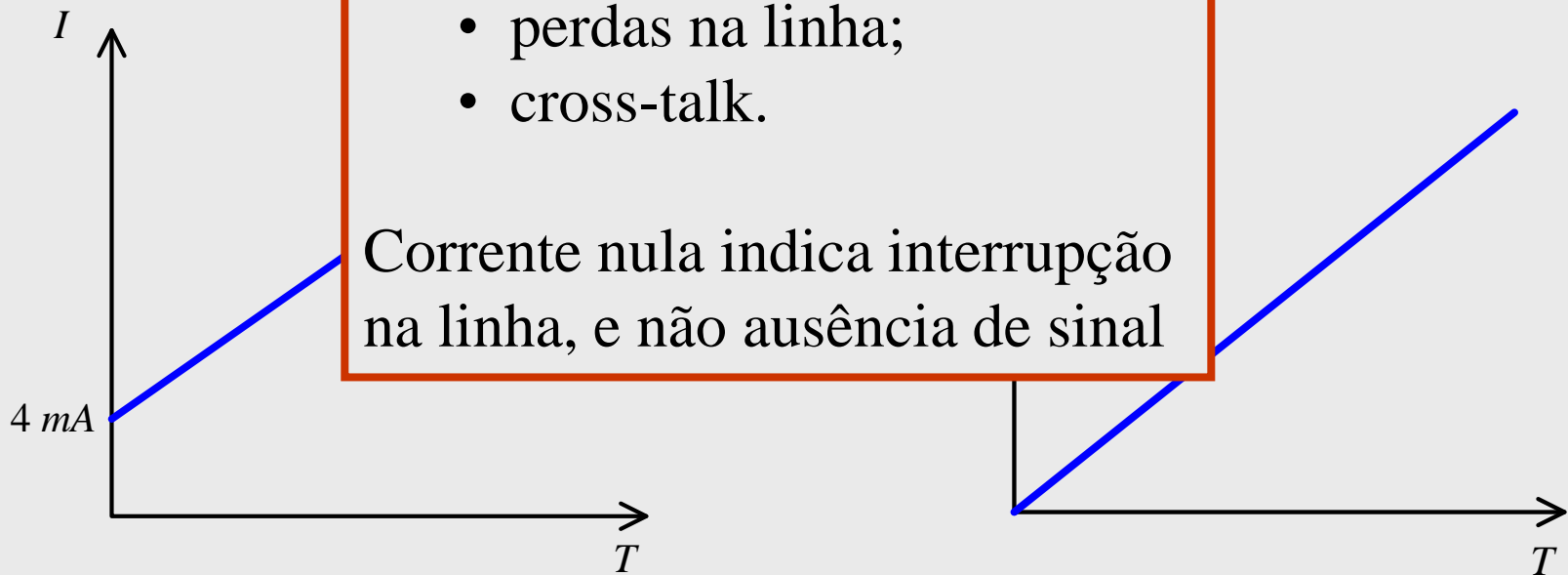
⌘ Transmissão Analógica em Corrente:



Mais imune a:

- ruído;
- perdas na linha;
- cross-talk.

Corrente nula indica interrupção na linha, e não ausência de sinal



3.4a) Transmissão do Sinal

- ⌘ Transmissão Analógica em Corrente: exemplo
- ☑ TxMini-M12 & TxMini-DIN43650
(www.novus.com.br)



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Analógica em Corrente: exemplo



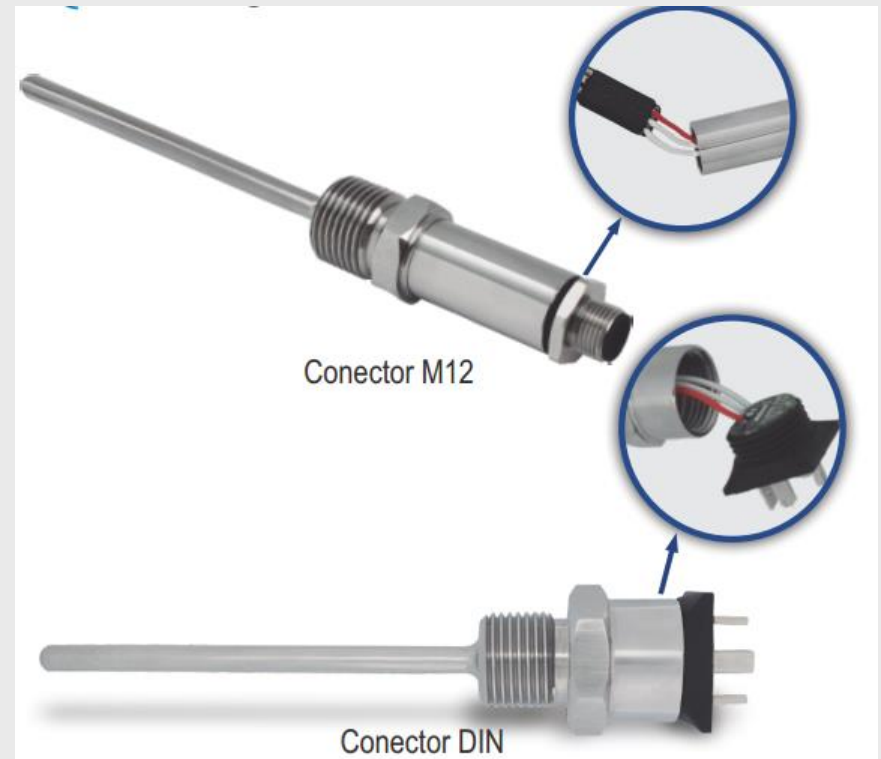
TxMini
31 x 12,2 x 8,0 mm



TxMini-M12
51,2 x 12,2 x 8,0 mm



TxMini-DIN43650
28,5 x 28,5 x 14,0 mm



Conector M12

Conector DIN

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Analógica em Corrente: exemplo

☑ S211 (<http://www.contemp.com.br/>)



Entrada:	PT100, CU50, CU100, NI100, Ohms, B, E, J, K, N, R, S, T, -10 a 75mV
Medição:	+/- 0.2°C (termorresistências), +/- 0.1 ohm (resistência), +/- 2 °C (termopar), +/- 20uV (millivolts), 100ppm
Saída:	1 saída linear (4 a 20mA ou 20 a 4mA), a dois fios, 0.2% F.E, 16bits @ 1 segundo
Funções especiais:	Comunicação com software S200 Connect via USB e configurador D211 para configuração, calibração e monitoramento
Alimentação:	Fonte do loop (a dois fios) - 7,5 a 45Vcc com proteção de Inversão de polaridade
Limites de operação:	-40 a 85°C @ 0 a 95%U.R
Isolação:	1500Vrms entre entrada e saída
Gabinete:	Polícarbonato - IP00
Tamanho:	Diam.44x24 (mm), 34g, para fixação em cabeçote
Calibração:	Rastreada, RBC

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Digital

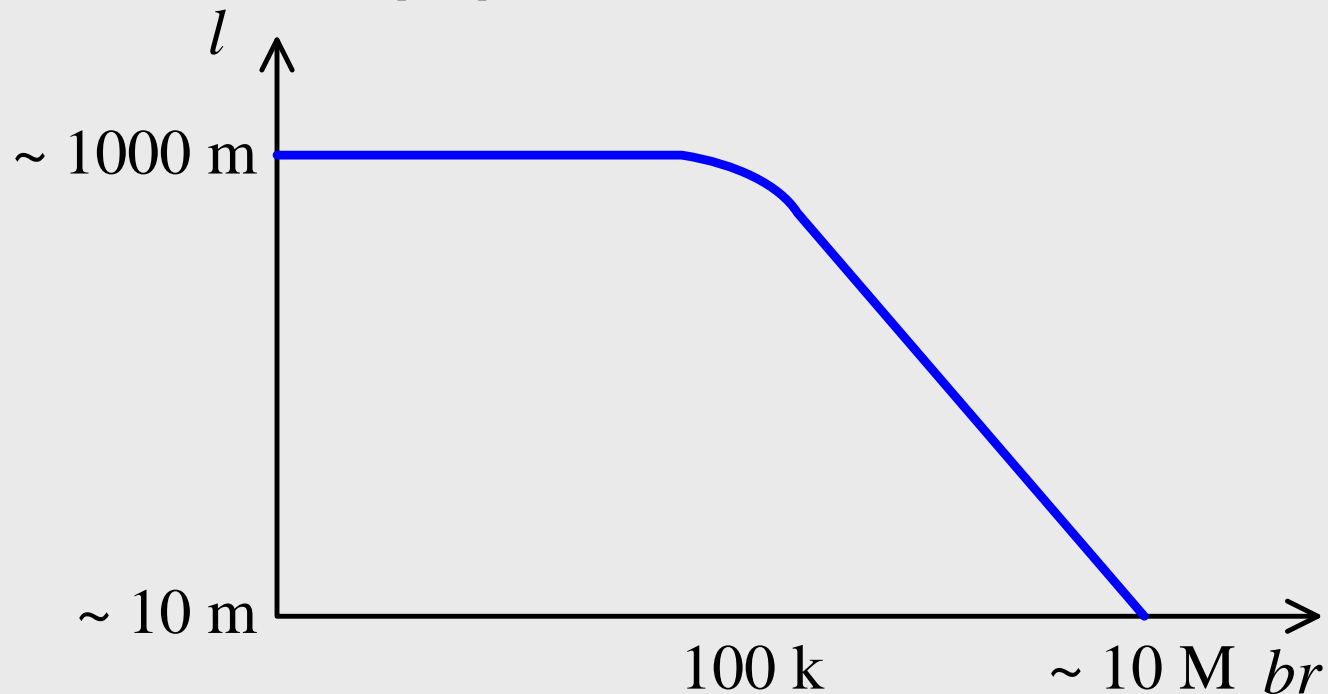
- Melhor SNR (Razão Sinal-Ruído) que a transmissão analógica

- Dois tipos:
 - ☒ Paralelo
 - ☒ Serial - melhor SNR que paralelo

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Digital Serial

- Compromisso entre **comprimento da linha (l)** e **taxa de bits (br)**



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Transmissão Digital Serial

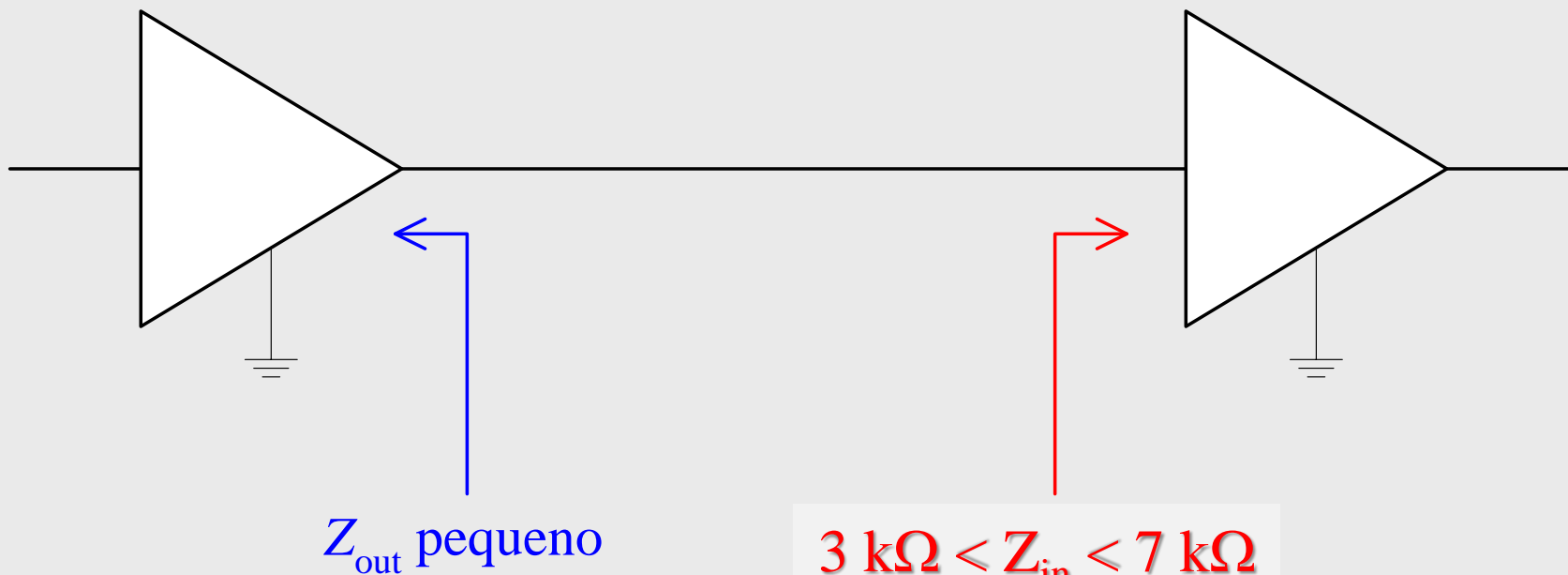
- Diversos **protocolos de transmissão**:
 - ☒ RS 232
 - ☒ RS 422
 - ☒ RS 423
 - ☒ USB

- Definem **níveis de tensão e formas de conexão**

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232

Não balanceada



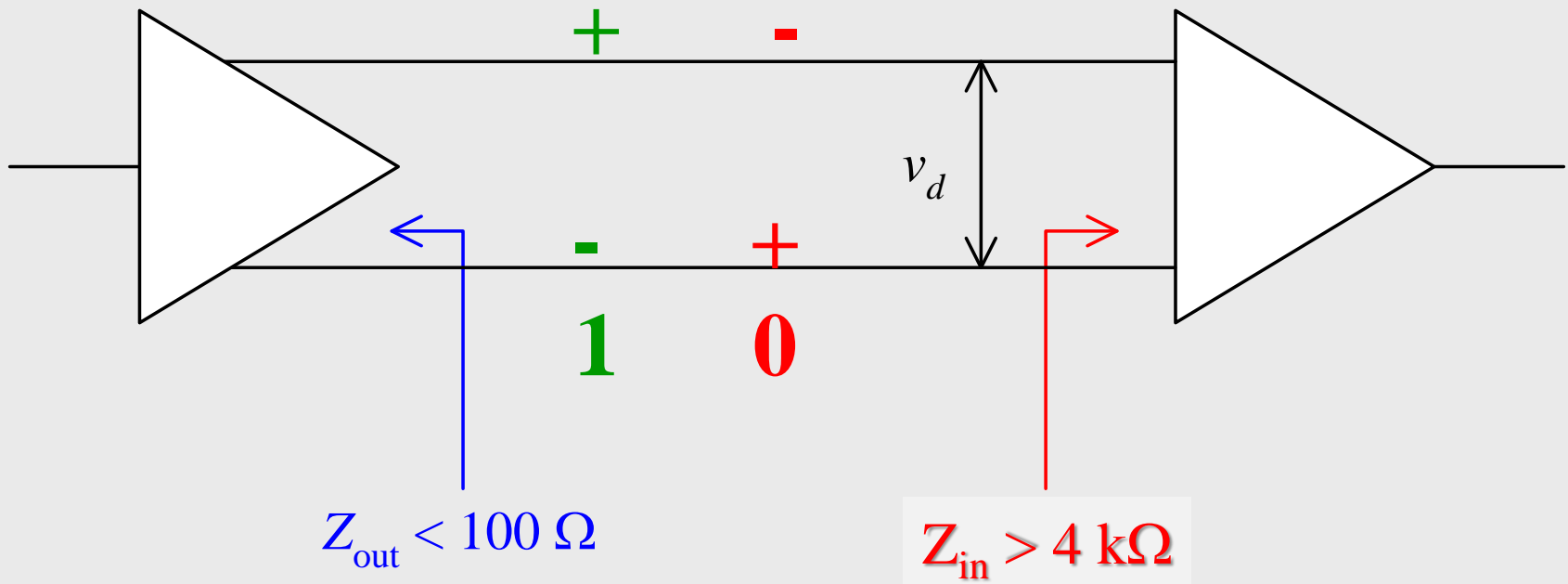
1	0
+15 V	-15 V
+5 V	-5 V

Bit rate: 20 kbps @ 15 m

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 422

Balanceada: longas distâncias

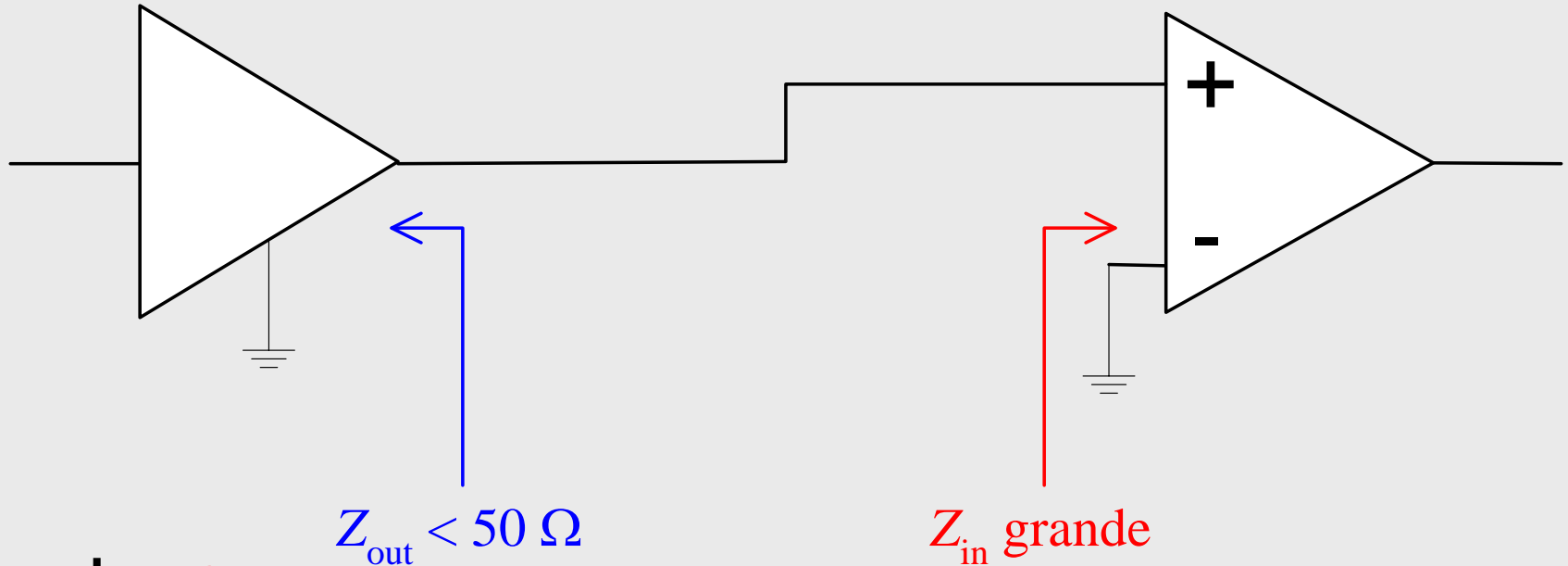


$$3 \text{ V} \leq v_d \leq 6 \text{ V}$$

Bit rate: 10 Mbps @ 13 m

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 423



1	0
+6 V	-6 V
+4 V	-4 V

Bit rate: 100 kbps @ 13 m

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

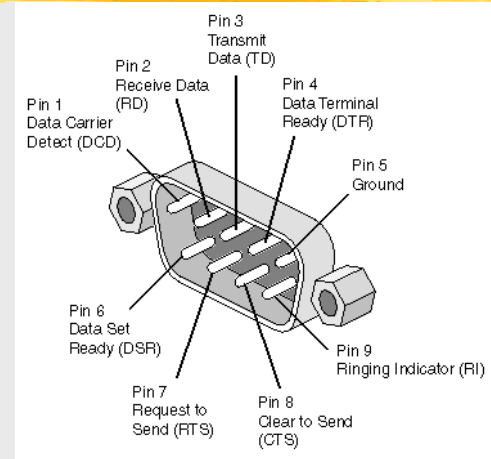
➤ Muito popular;

➤ Baixo custo;

➤ Grande maioria dos microcomputadores possuíam **uma ou duas interfaces seriais**

☒ portas **COM**: COM1, COM2, etc.

☒ Micros mais recentes não possuem tais interfaces, mas é possível utilizar o barramento USB para emular o RS 232.



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

- Os *bits* que compõem os dados são transmitidos **um por vez**
- **Uma única linha** de comunicação de dados.
- Adequada quando:
 - ☒ taxas de transferência são **relativamente baixas**
 - ☒ **distâncias de transmissão são grandes** (a transmissão serial é menos sujeita a ruído).

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

➤ A cada caracter transmitido é adicionada uma série de **bits de controle**:

☒ **start bit**,

☒ **bit de paridade**,

☒ um ou mais **stop bit(s)**.

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

- Exemplo: **Caracter "E"**
- Representação Decimal: **69**
- Representação binária: **"1000101"**
- Representação gráfica dos **níveis de tensão** da linha de transmissão:

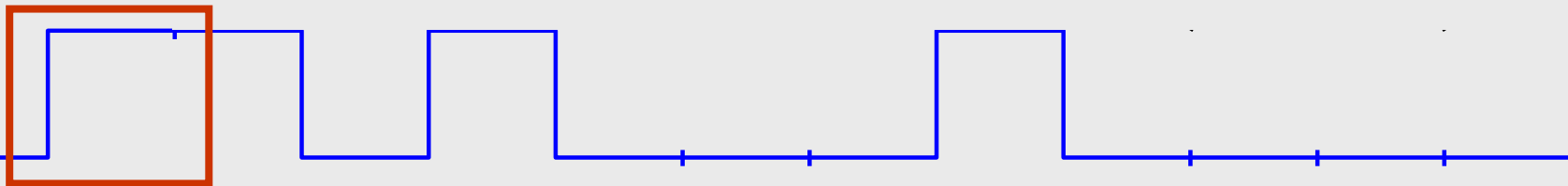


3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

- Exemplo: **Caracter "E"**
- Representação Decimal: **69**
- Representação binária: **"1000101"**
- Representação gráfica dos **níveis de tensão** da linha de transmissão:

Start
Bit



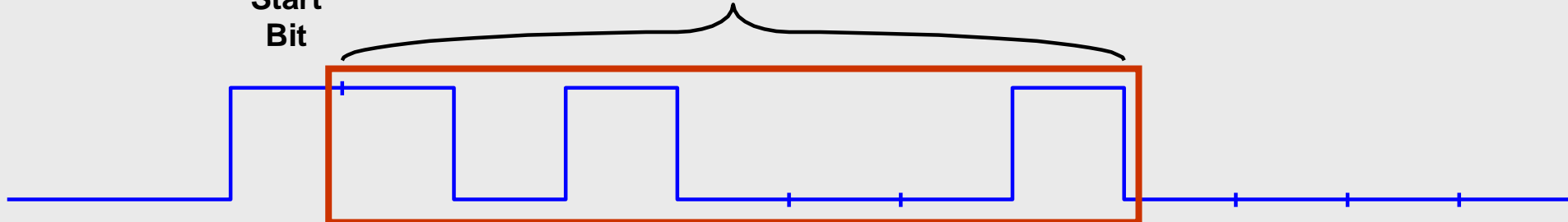
3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

- Exemplo: **Caracter "E"**
- Representação Decimal: **69**
- Representação binária: **"1000101"**
- Representação gráfica dos **níveis de tensão** inha de transmissão:

Start
Bit

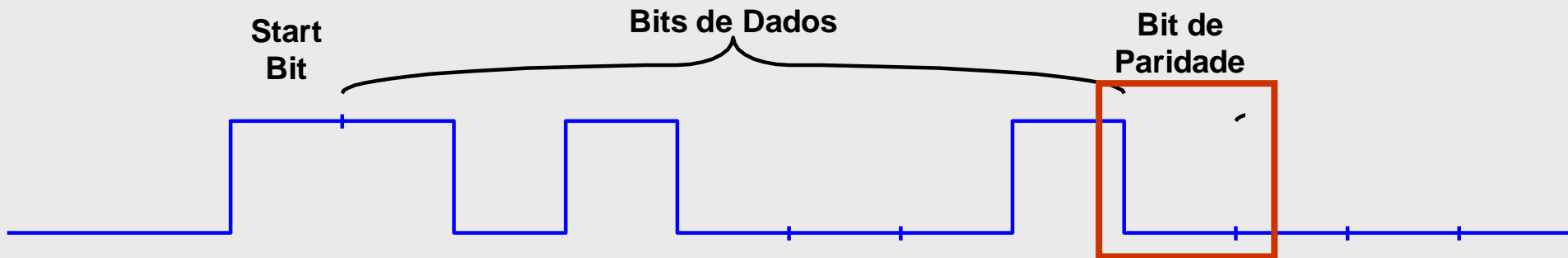
Bits de Dados



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

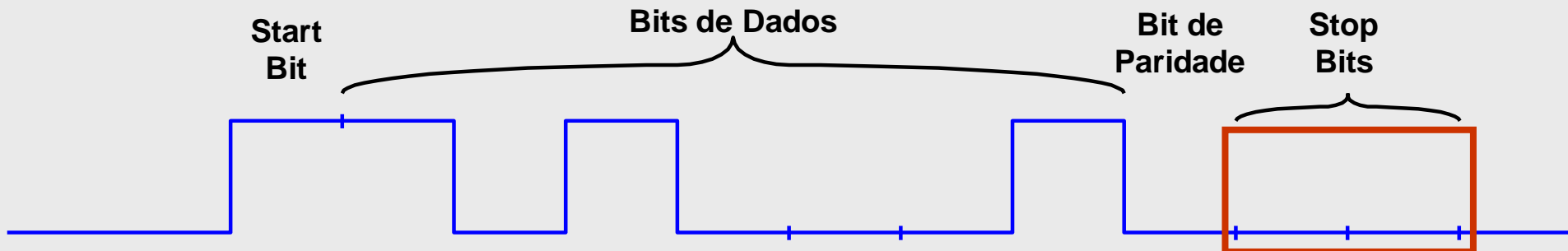
- Exemplo: **Caracter "E"**
- Representação Decimal: **69**
- Representação binária: **"1000101"**
- Representação gráfica dos **níveis de tensão** da linha de transmissão:



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

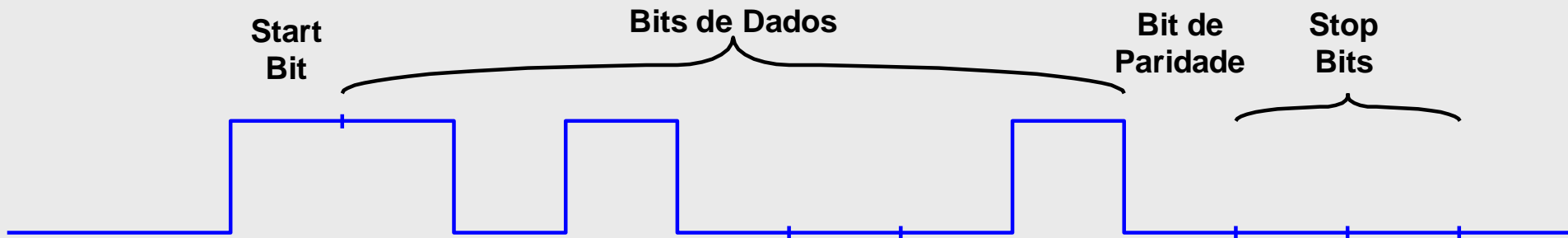
- Exemplo: **Caracter "E"**
- Representação Decimal: **69**
- Representação binária: **"1000101"**
- Representação gráfica dos **níveis de tensão** da linha de transmissão:



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

- **11 bits** transmitidos:
- 1 *start bit*
- 7 *bits* de dados
- 1 *bit* de paridade (verificação de erros)
- 2 *stop bits*



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

➤ Outro parâmetro importante:

☒ Taxa de transmissão (*baud rate*)

☒ Define o **número de bits** transmitidos por segundo.

➤ Número adicional de **bits de controle**:

☒ Taxa real de transmissão de caracteres: **dividir o *baud rate* pelo número total de bits** transmitidos a cada caracter.

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Protocolo RS 232:

➤ No exemplo acima:

☒ Cada caracter transmitido tem **11 bits**;

☒ Um *baud rate* de **9600** equivale a uma taxa de transmissão de **$9600/11 = 872$ caracteres por segundo**.

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Barramento USB:

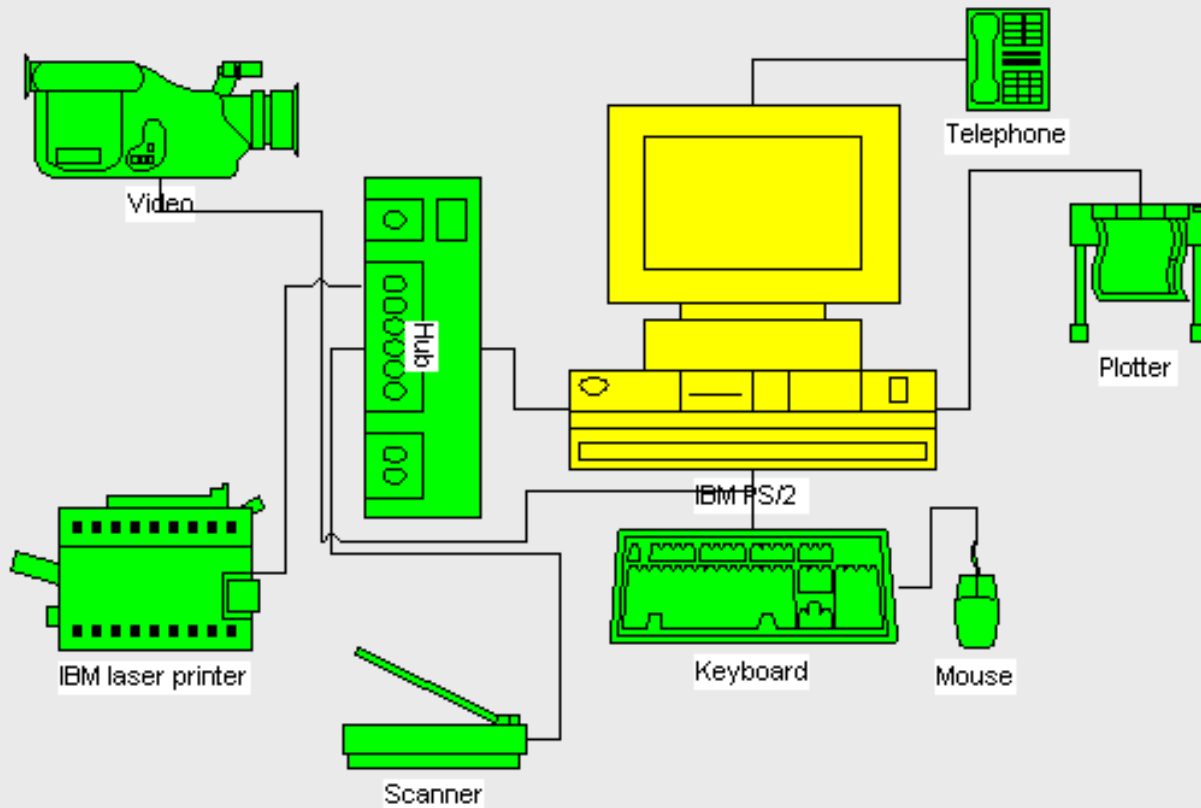
- Padrão mais utilizado atualmente
- É um **barramento**, não uma **porta**!
 - Permite a conexão em cascata de até 127 componentes



Versão do USB	1.0	1.1	2.0	3.0
Ano de Lançamento	1996	1998	2000	2009
Taxa de Transferência	1,5 Mbps - 12 Mbps		480 Mbps	5 Gbps
Alimentação elétrica	5V - 500 mA			5V - 900 mA
Conectores compactos				

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Barramento USB:



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Barramento USB:

- Cabo com 4 condutores/sinais:
 - D_+ e D_- : informação (bits) a serem transmitidos de maneira diferencial (como no RS-422), com níveis de tensão +5 V e -5 V
 - Vbus: +5 V
 - GND: -5 V

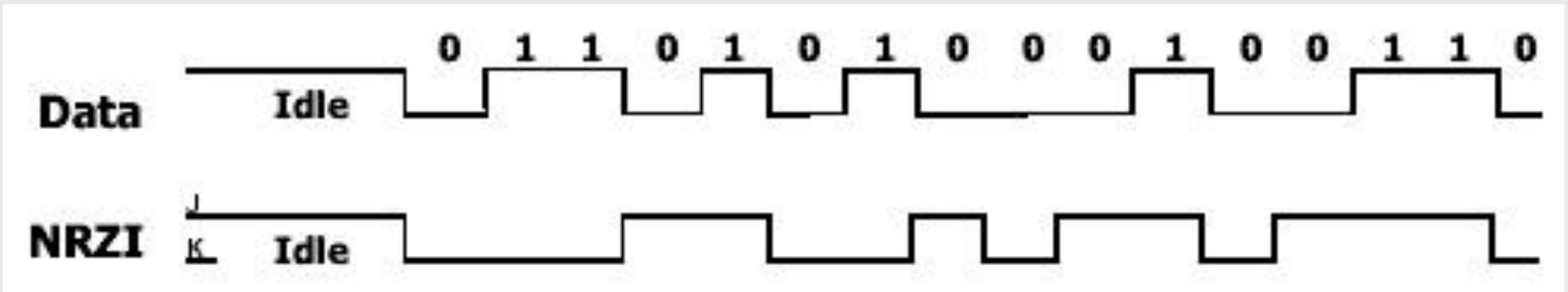


	D_+	D_-
0	-5 V	+5 V
1	+5 V	-5 V

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Barramento USB:

- Codificação: NRZI (non-return to zero invert)



3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Bluetooth:



- ☑ Tecnologia de comunicação sem fio
- ☑ Baixo consumo de energia
- ☑ Muito usada para conexão entre dispositivos portáteis, como por exemplo
 - ☒ celulares e headsets
 - ☒ celulares e caixas de som
 - ☒ controles remotos e smart TVs

3.4a) Transmissão do Sinal

Bluetooth:



☑ 4 classes de potência:

☒ Classe 1: potência máxima de 100 mW, 100 m

☒ Classe 2: potência máxima de 2,5 mW, 10 m

☒ Classe 3: potência máxima de 1 mW, 1 m

☒ Classe 4: potência máxima de 0,5 mW, 0,5 m

☑ Dispositivos de classes distantes podem se comunicar entre si, restritos ao menor alcance

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Bluetooth:



- ☑ Desenvolvido pela empresa sueca Ericsson em meados de 1994, originalmente para comunicação entre celulares e acessórios
- ☑ 1998: Bluetooth SIG (Special Interest Group) – Ericsson, Intel, IBM, Toshiba e Nokia
- ☑ Bluetooth: homenagem ao rei dinamarquês Harald Blatand, mais conhecido como Harald Bluetooth, que **unificou** a Dinamarca e a Noruega
- ☑ Logotipo é a junção de 2 símbolos nórdicos que correspondem às iniciais do rei

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Bluetooth:



- ☑ Faixa de frequências ISM (Industrial, Scientific, Medical), de 2,4 GHz a 2,5 GHz
- ☑ Faixa de rádio aberta e aceita em quase todo o mundo
- ☑ Protocolo de comunicação FH-CDMA (*Frequency Hopping — Code-Division Multiple Access*), com até 79 frequências distintas
- ☑ Comunicação *full-duplex*

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Bluetooth:



- ☑ Dois padrões de enlace: SCO (*Synchronous Connection-Oriented*) e ACL (*Asynchronous Connection-Less*).
- ☑ SCO: enlace contínuo e sincronizado entre transmissor e receptor
 - ☑ Aplicações de envio contínuo de dados, como voz e música
 - ☑ Não há retransmissão de pacotes perdidos, que geram ruído
- ☑ ACL: enlace descontínuo e assíncrono entre transmissor e receptor
 - ☑ Aplicações de transferência de arquivos
 - ☑ Retransmite pacotes perdidos, garantindo a integridade

3.4a) Transmissão do Sinal

⌘ Versões do Bluetooth:



- ☒ Bluetooth 1.0 – velocidade de 721 kb/s
- ☒ Bluetooth 1.1 (fev/2001) – padrão IEEE 802.15 – 721 kb/s
- ☒ Bluetooth 1.2 (nov/2003) – 721 kb/s
- ☒ Bluetooth 2.0 + EDR (enhanced data rate – opcional) (nov/2004) – 721 kb/s até 2,1 Mb/s
- ☒ Bluetooth 2.1 + EDR (ago/2007) – 721 kb/s até 2,1 Mb/s
- ☒ Bluetooth 3.0 + HS (high speed) (abr/2009) – IEEE 802.11 – até 24 Mb/s
- ☒ Bluetooth 4.0 (dez/2009) – menor consumo – até 24 Mb/s
- ☒ Bluetooth LE (low energy) (dez/2009) – menor consumo – até 1 Mb/s
- ☒ Bluetooth 4.1 (dez/2013) – consumo ainda menor – até 24 Mb/s
- ☒ Bluetooth 4.2 (dez/2014) – suporte a IPv6 (IoT), cripto FIPS – até 24 Mb/s
- ☒ Bluetooth 5 (dez/2016) – alcance até 40 m – até 50 Mb/s

3.4a) Transmissão do Sinal



**MULTÍMETRO DIGITAL MINIPA ET-2402A
COM BLUETOOTH, 1000V**

3.4b) Redes de Equipamentos

- ⌘ Na maioria das plantas industriais atuais há **dezenas** ou **centenas** de instrumentos de medição
- ⌘ Tradicionalmente, cada instrumento transmitia seus dados por um **canal dedicado** (p.ex. par de fios, transmissão 4 – 20 mA)
- ⌘ É mais eficiente implementar uma **rede de equipamentos**, com um protocolo de comunicação **padronizado**, e equipamentos que sigam este padrão

3.4b) Redes de Equipamentos



⌘ Podem ser classificadas por tipo de dados e/ou tipo de rede:

- ☑ Rede Sensorbus
- ☑ Rede Devicebus
- ☑ Rede Fieldbus

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Podem ser classificadas por tipo de dados e ou tipo de rede:

- ☑ Rede **Sensorbus**: dados no formato de **bits**, sinais discretos contendo informações ON/OFF
 - ☒ automação de manufatura com controle lógico
 - ☒ não cobrem grandes distâncias
- ☑ Rede Devicebus
- ☑ Rede Fieldbus

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Podem ser classificadas por tipo de dados e/ou tipo de rede:

- ☑ Rede Sensorbus

- ☑ Rede **Devicebus**: dados no formato de **bytes**, pacotes de informações discretas e/ou analógicas

 - ☒ automação de manufatura com controle lógico

 - ☒ distâncias até 500 m

- ☑ Rede Fieldbus

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Podem ser classificadas por tipo de dados e/ou tipo de rede:

☑ Rede Sensorbus

☑ Rede Devicebus

☑ Rede **Fieldbus**: dados em formato de **bloco**, podem transmitir pacotes de informação de tamanhos variáveis

☑ automação de processos com controle complexo

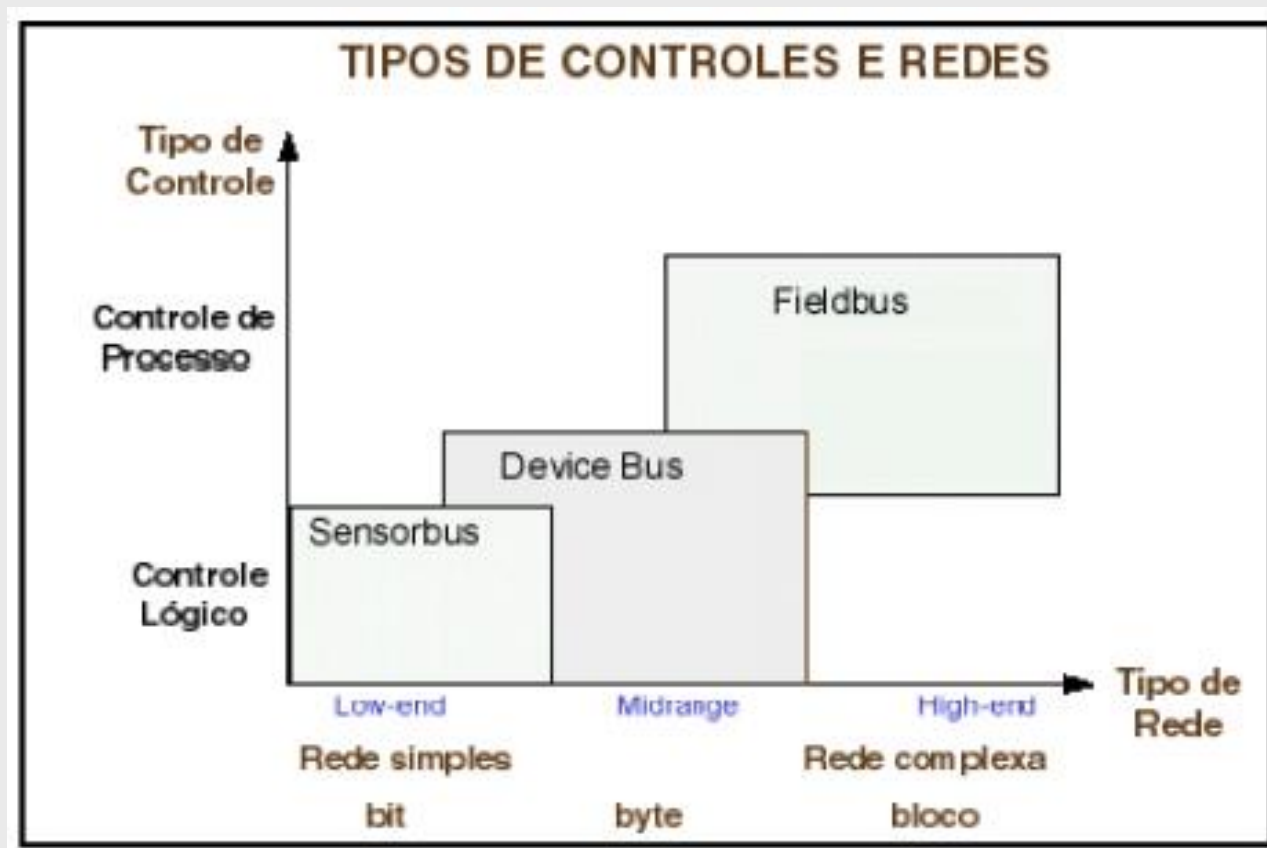
☑ interliga equipamentos de E/S mais inteligentes

☑ loops PID, controle de fluxo e de processos

☑ cobre distâncias maiores

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Tipos de rede:



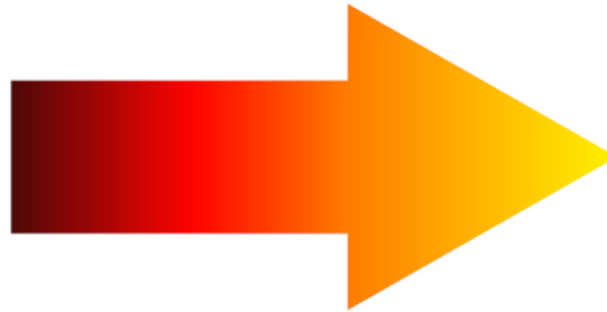
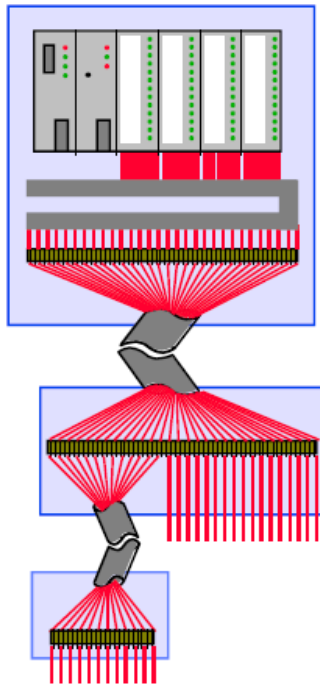
3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Podem ser classificadas por tipo de dados e/ou tipo de rede:

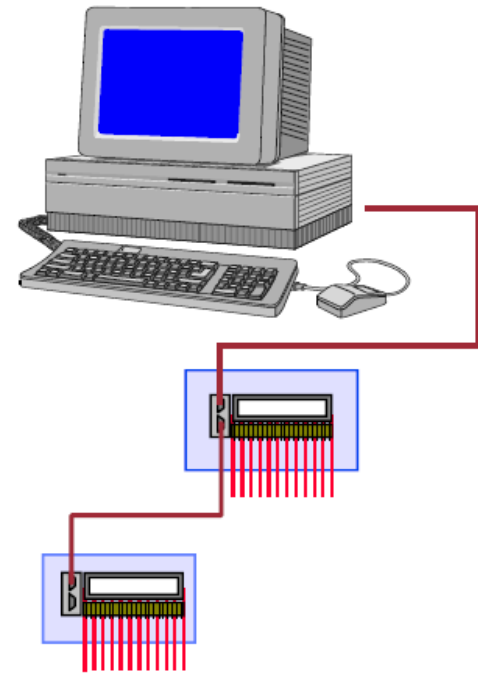
- ☑ Rede **digital**, bidirecional, multiponto e **serial**
- ☑ Utilizada para interligar os dispositivos de campo a um **sistema integrado de automação e controle**
- ☑ Cada dispositivo pode possuir “inteligência”, permitindo funções de **diagnóstico, controle, manutenção e comunicação** (com a central e outros dispositivos)
- ☑ Substitui o controle centralizado pelo **distribuído**

3.4b) Redes de Equipamentos

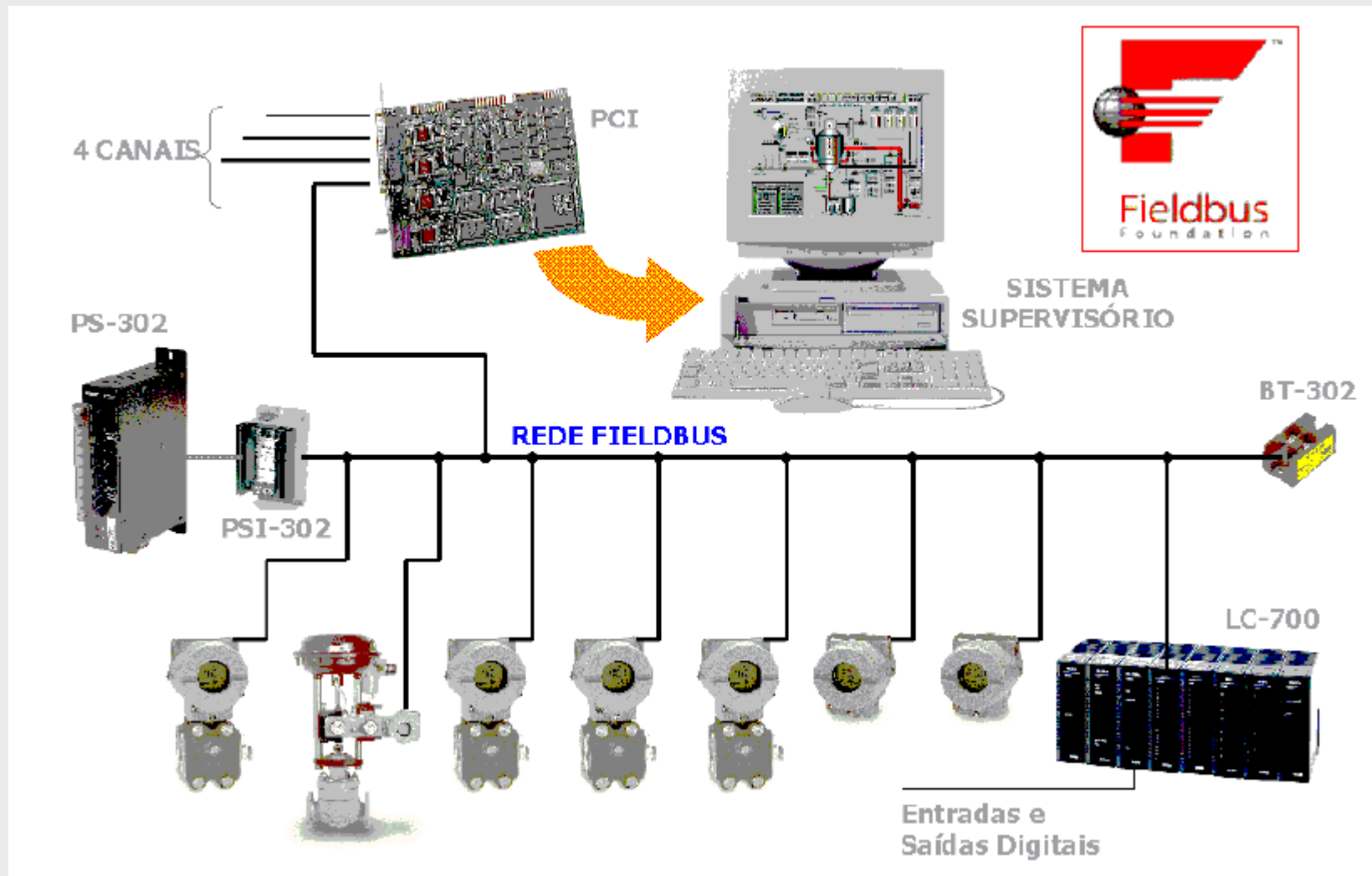
Convencional



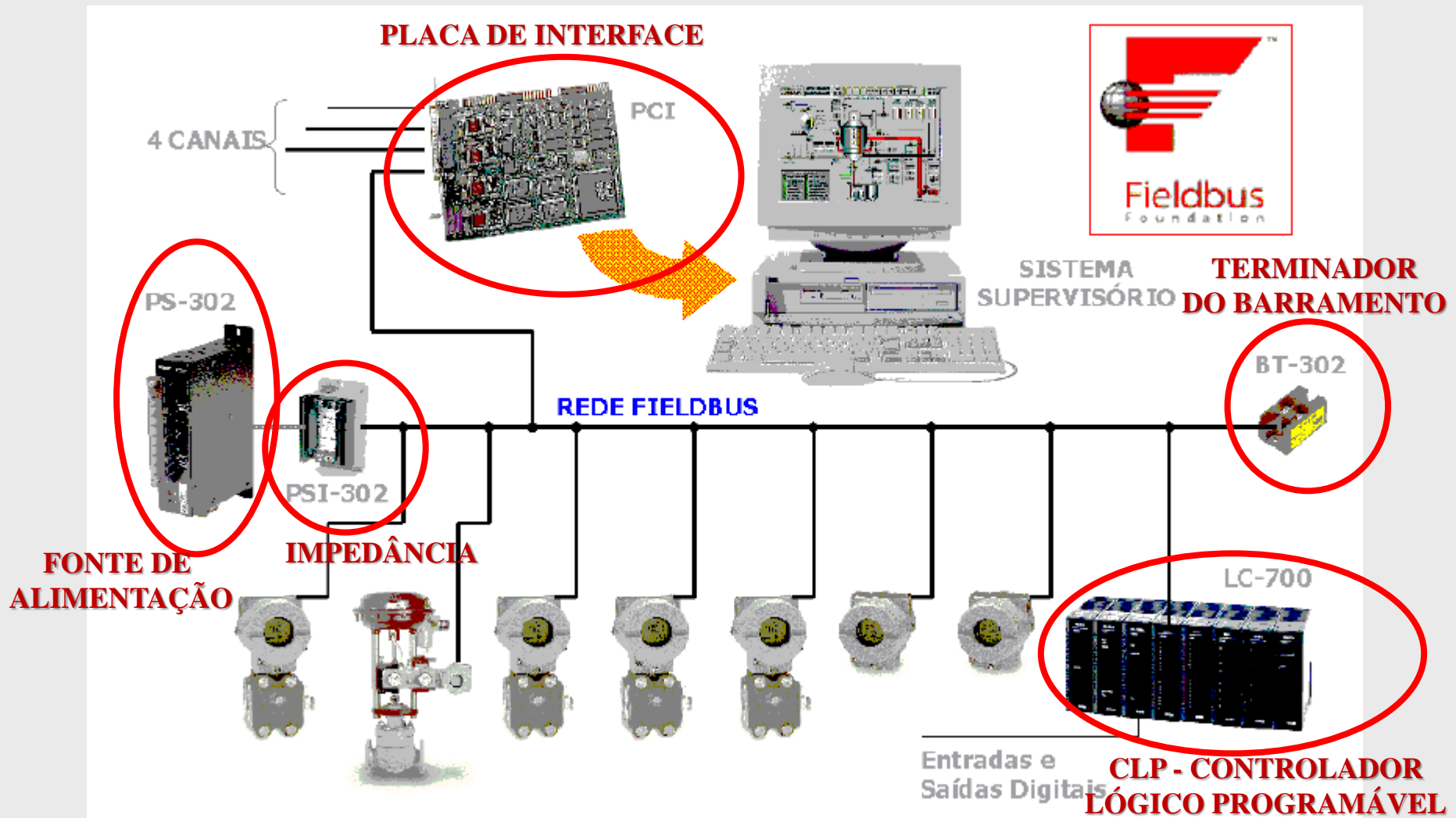
Field Bus



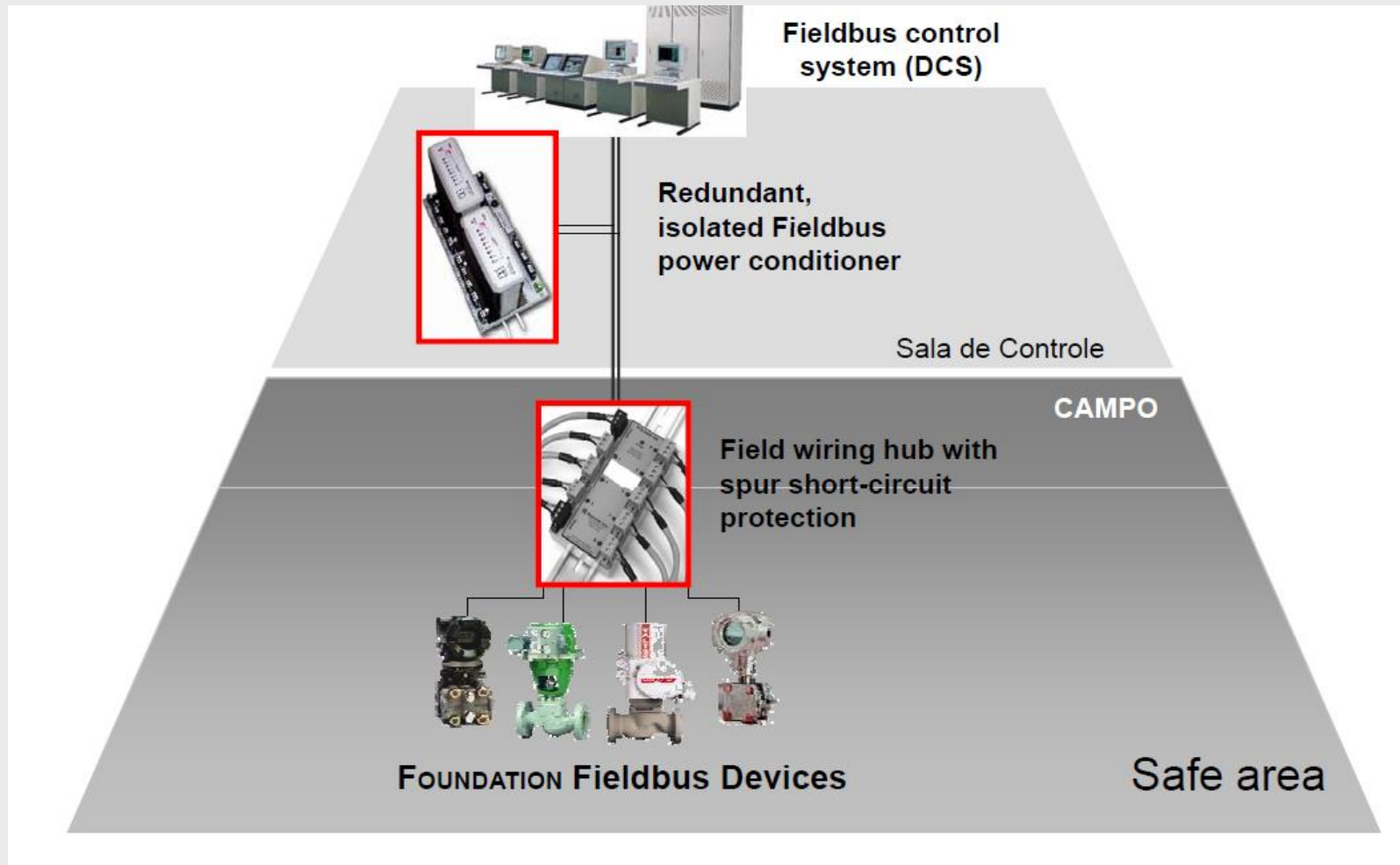
Instalação Fieldbus Típica



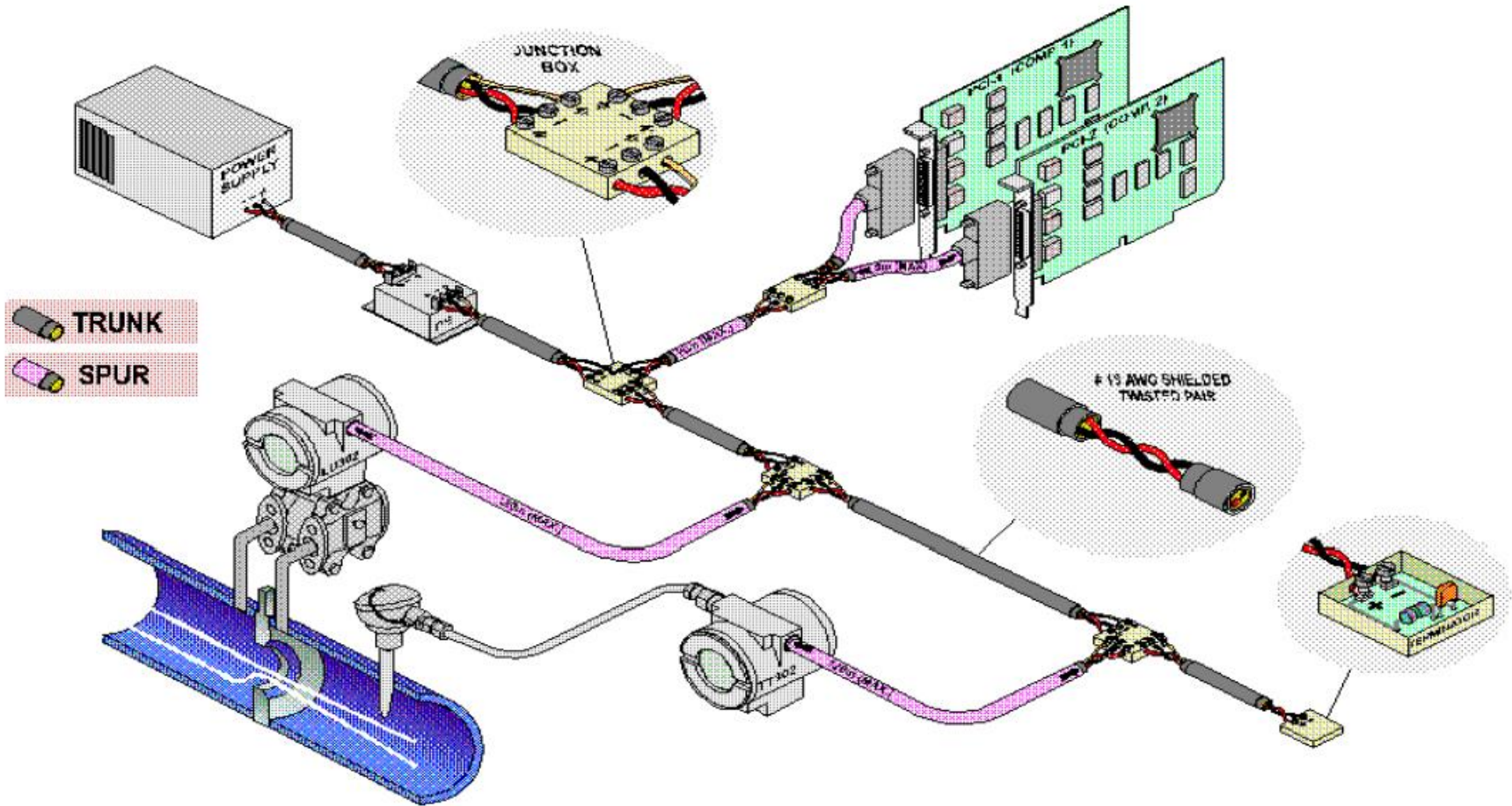
Instalação Fieldbus Típica



Instalação Fieldbus Típica



Instalação Fieldbus Típica



3.4b) Redes de Equipamentos



⌘ Exemplos de Redes Fieldbus:

☑ HART

☑ Foundation Fieldbus

☑ Profibus

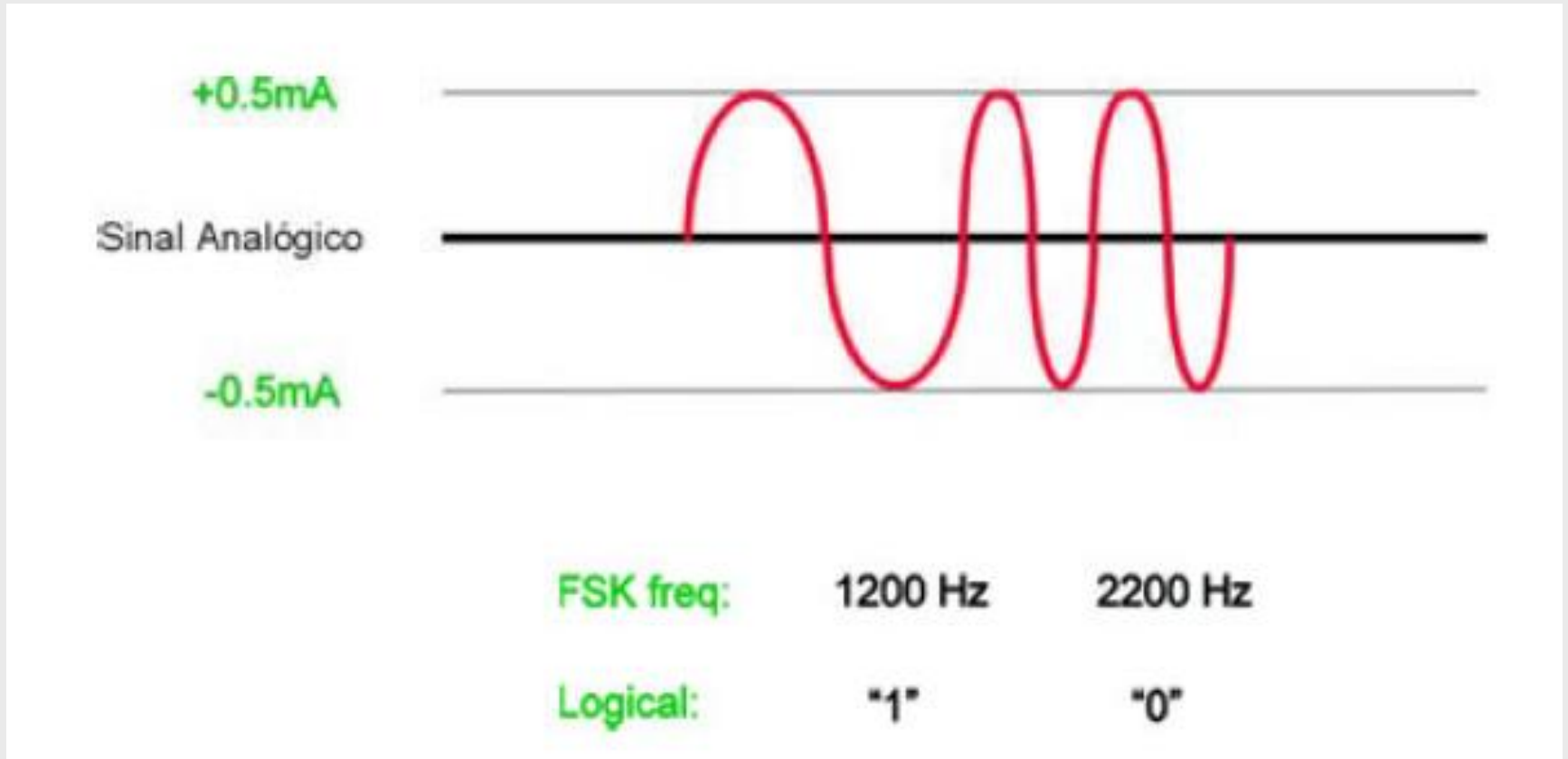
3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Protocolo HART

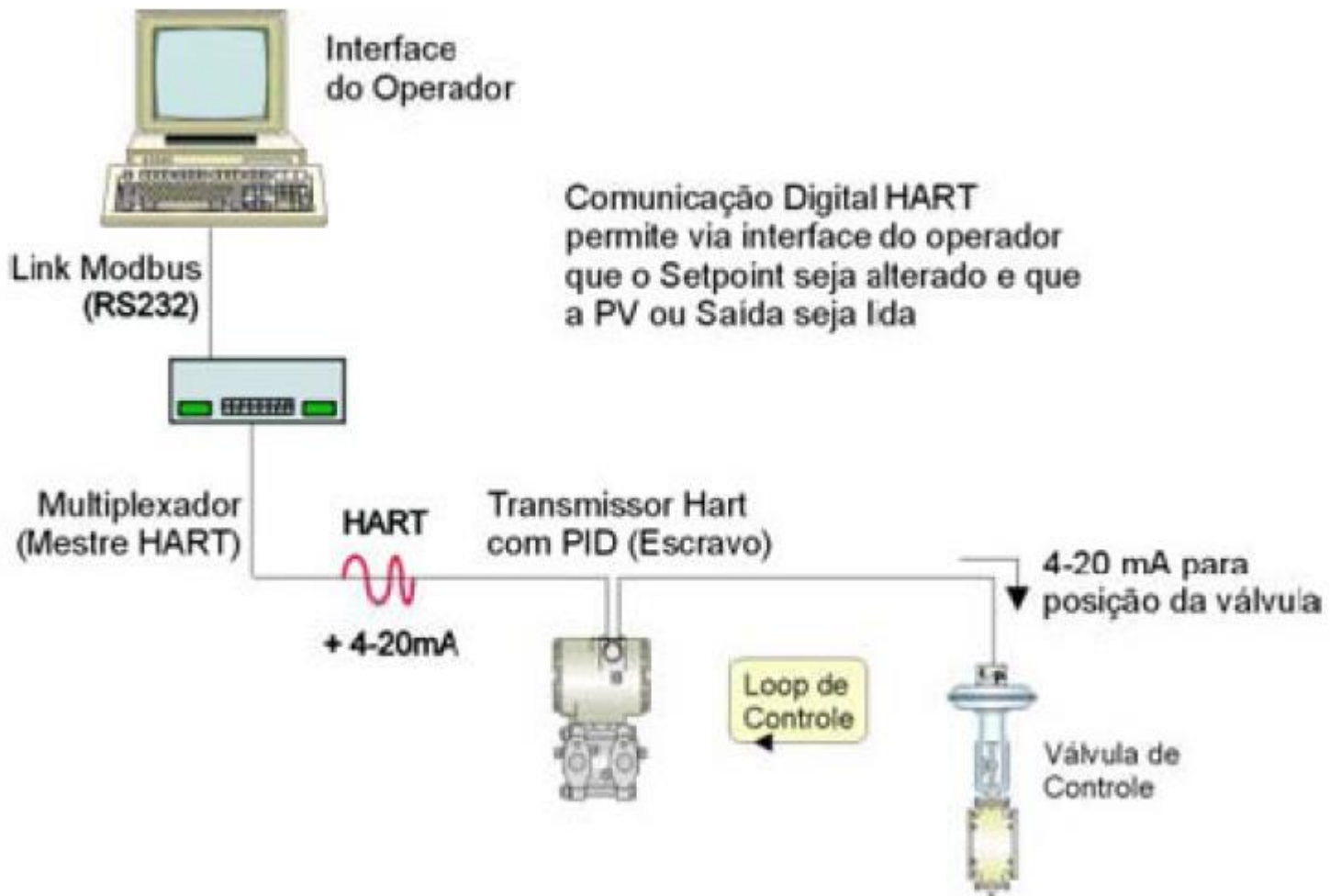
- ⊞ Highway Addressable Remote Transducer
- ⊞ Combina o protocolo 4-20 mA com comunicação digital, no mesmo cabo físico
- ⊞ Mesmo tipo de cabo usado na instrumentação analógica
- ⊞ Disponibilidade de equipamentos de vários fabricantes
- ⊞ Sistema a 2 fios com taxa de 1200 bits/s e modulação FSK (Frequency Shift Keying)
- ⊞ Arquitetura Mestre-Escravo
- ⊞ Alguns equipamentos incluem controlador PID

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Protocolo HART



Protocolo HART



3.4b) Redes de Equipamentos



⌘ Exemplos de Redes Fieldbus:

☑ HART

☑ Foundation Fieldbus

☑ Profibus

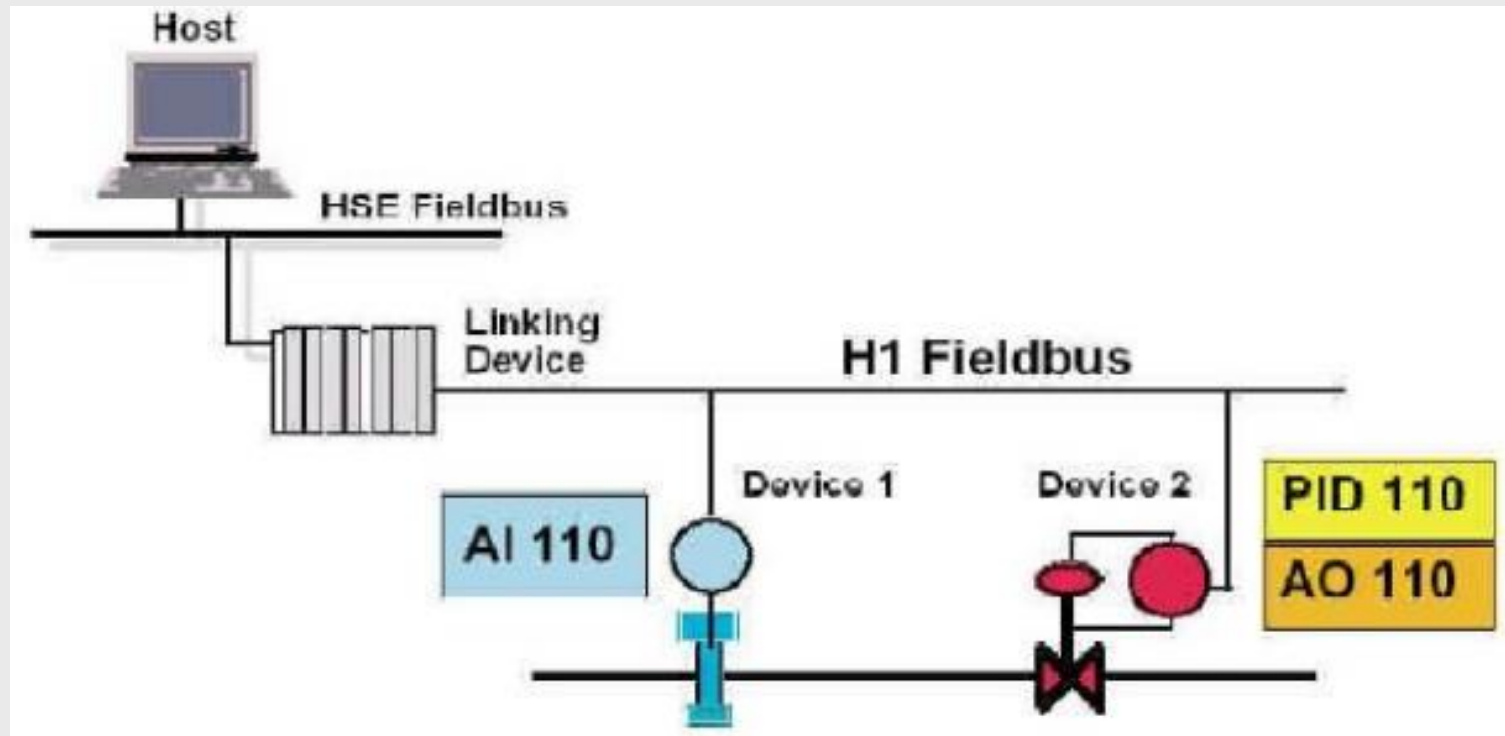
3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Protocolo Foundation Fieldbus:

- ☑ Comunicação **serial** digital **bidirecional** (*half duplex*)
- ☑ Essencialmente uma **LAN** para dispositivos de campo
- ☑ Permite o acesso a **muitas variáveis**, não só do processo, mas também de diagnóstico e controle
- ☑ equipamentos de diversos fabricantes são programados de **forma idêntica**
- ☑ Comprimento máximo: **1900 m**
- ☑ Taxas de transmissão: 31,25 kbit/s (**H1**) e 100 Mbit/s (**HSE** – High Speed Ethernet)

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Protocolo Foundation Fieldbus:



3.4b) Redes de Equipamentos



⌘ Exemplos de Redes Fieldbus:

☑ HART

☑ Foundation Fieldbus

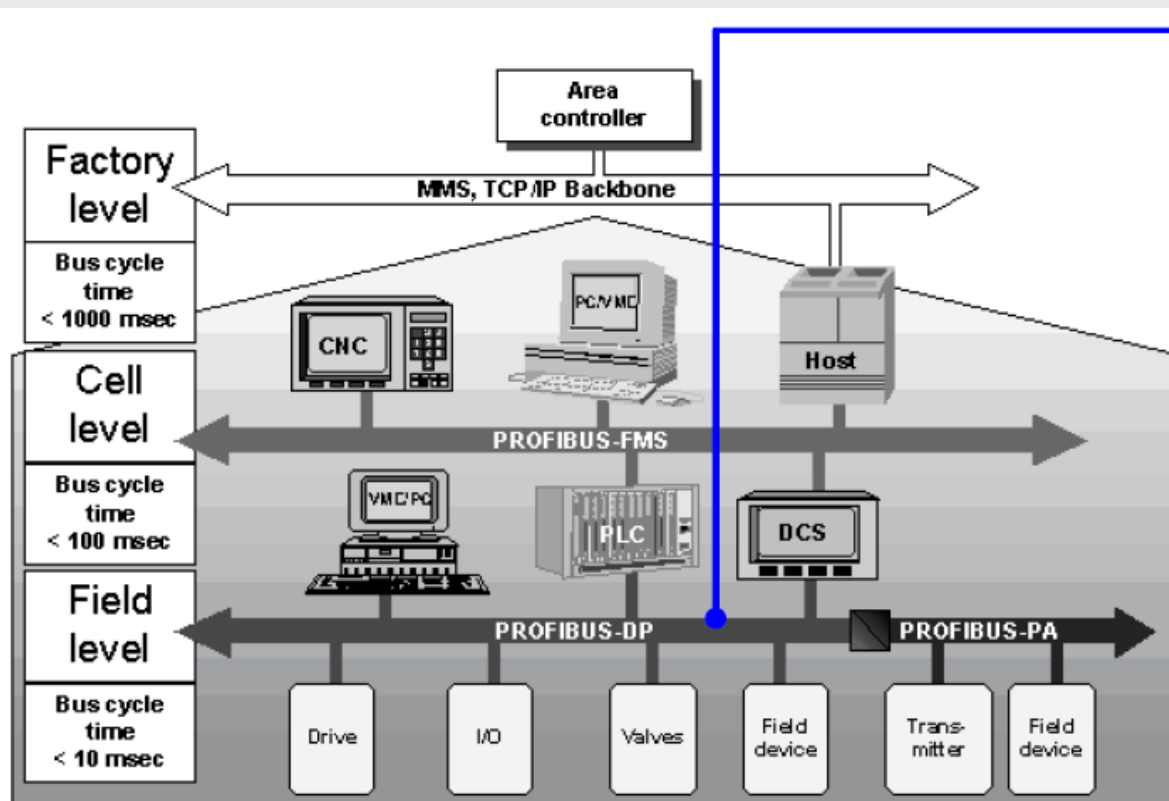
☑ Profibus

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Família Profibus

- ☑ Padrão de Fieldbus aberto para **grandes aplicações**, como processos contínuos e manufatura elétrica
- ☑ **Alta velocidade** de transmissão de dados e tarefas de comunicação complexas e extensas
- ☑ Dispositivos de **diferentes fabricantes** podem se comunicar entre si sem interfaces especiais
- ☑ Consiste em **3 versões** compatíveis:
 - ☒ PROFIBUS DP
 - ☒ PROFIBUS PA
 - ☒ PROFIBUS FMS

3.4b) Redes de Equipamentos



PROFIBUS-DP

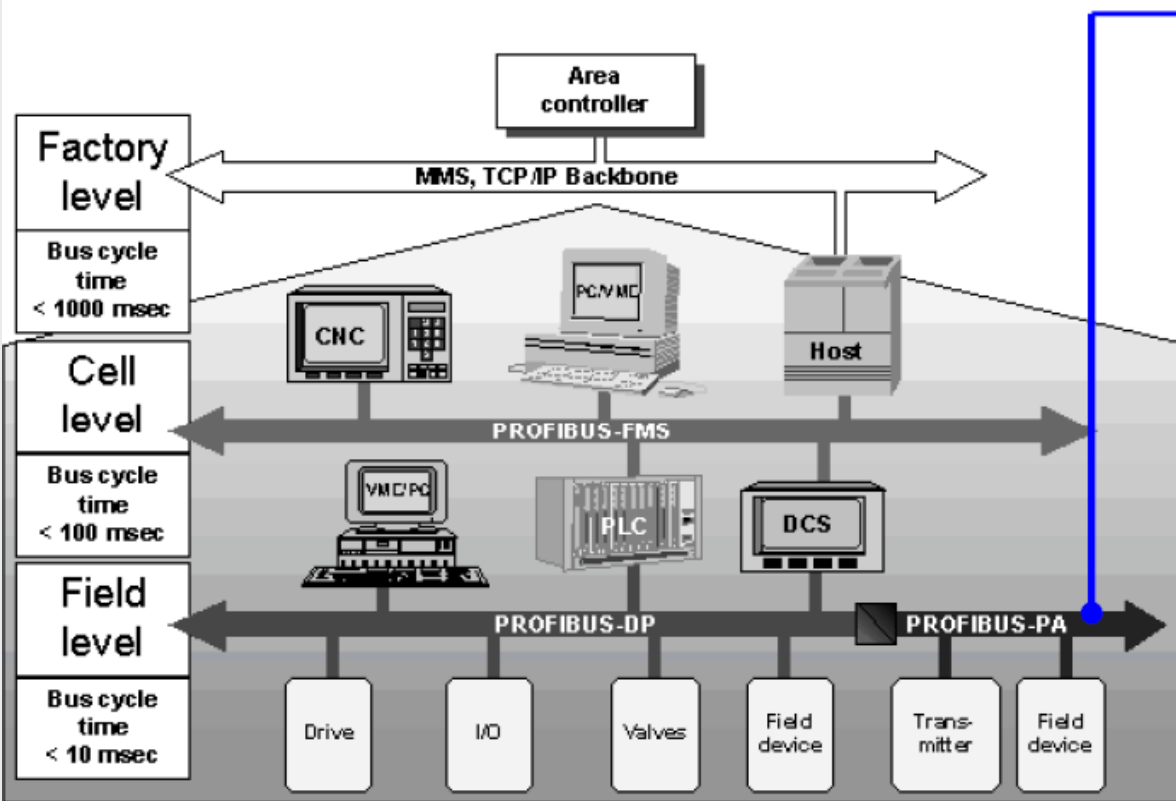
Aperfeiçoado para velocidade alta e montagem barata, esta versão de **PROFIBUS** é especialmente projetada para comunicação entre sistemas de controle de automação e I/O distribuído ao nível de dispositivo.

PROFIBUS-DP pode ser usado para substituir transmissão paralela em 24 V - 0 a 20 mA. ou 4 a 20 mA.

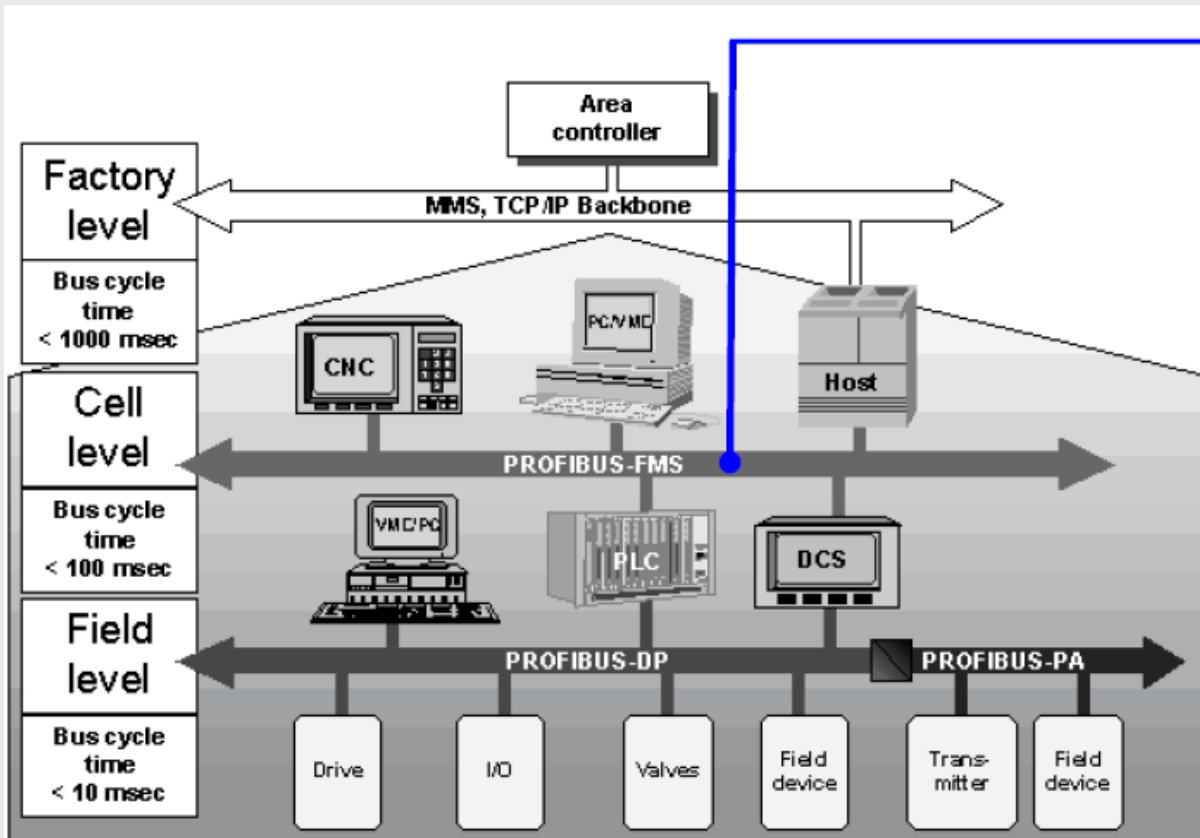
3.4b) Redes de Equipamentos

PROFIBUS-PA

PROFIBUS-PA é especialmente projetado para **automatização de processo**. Permite conectar sensor e atuadores até mesmo em um barramento comum em áreas intrinsecamente seguras. **PROFIBUS-PA** permite comunicação de dados e pode ser usado com tecnologia 2 fios de acordo com o padrão internacional IEC 1158-2.



3.4b) Redes de Equipamentos



PROFIBUS-FMS

PROFIBUS-FMS é a solução de propósito geral para comunicação de tarefa ao nível de célula. Serviços de FMS poderosos abrem um amplo alcance de aplicações e pro-vêm grandes flexibilidades.

PROFIBUS-FMS também pode ser usado para tarefas de comunicação extensas e complexas.

3.4b) Redes de Equipamentos

⌘ Exemplo: Transmissor de Pressão SMAR LD300

	LD300 Series
	LD301 - Produtos HART®
	LD302 - Produtos FOUNDATION™ Fieldbus
	LD303 - Produtos PROFIBUS PA

